

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kota Banda Aceh merupakan ibu kota Provinsi Aceh yang terletak di ujung barat Pulau Sumatra dan dikenal sebagai salah satu kota sekaligus pusat pemerintahan, pendidikan, dan ekonomi di wilayah Aceh. Secara geografis, kota ini berada pada kawasan pesisir dengan topografi relatif datar serta ketinggian rata-rata yang rendah ($\pm -0,45$ m hingga $+1,00$ m di atas permukaan laut), sehingga wilayah sangat rentan terhadap bencana hidrometeorologi, khususnya banjir [1]. Kondisi ini diperparah oleh tingginya curah hujan tahunan yang mencapai lebih dari 2.000 mm, sebagaimana dicatat oleh Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG), yang berdampak pada tingginya potensi genangan air dan limpasan permukaan.

Kerentanan banjir di Banda Aceh semakin meningkat akibat degradasi tata ruang, seperti penyempitan badan sungai karena pembangunan di sempadan, alih fungsi kawasan resapan menjadi permukiman, serta sistem drainase perkotaan yang tidak optimal. Akibatnya, setiap tahun sejumlah kecamatan di Banda Aceh antara lain Meuraxa, Baiturrahman, dan Kuta Alam mengalami banjir dengan kedalaman bervariasi dari genangan rendah hingga lebih dari satu meter pada peristiwa ekstrem [2], [3]. Menurut analisis yang dilakukan oleh *ICLEI South Asia* (2021), sekitar 92% wilayah administrasi Banda Aceh masuk dalam kategori rawan banjir tinggi, menjadikan bencana ini sebagai persoalan yang bersifat sistemik dan berulang [4].

Fenomena banjir yang semakin sering terjadi di Kota Banda Aceh tidak muncul secara tiba-tiba, melainkan merupakan dampak dari interaksi antara perubahan iklim lokal, tekanan urbanisasi, dan keterbatasan sistem drainase perkotaan. Alih fungsi lahan misalnya, konversi lahan terbuka menjadi permukiman atau infrastruktur memperburuk daya serap tanah dan mempercepat limpasan permukaan [5]. Studi baru menunjukkan bahwa di Banda Aceh curah hujan total meningkat sekitar 14% setelah timbulnya perubahan iklim lokal, disertai penurunan jumlah hari kering, yang mencerminkan potensi genangan lebih tinggi. Kondisi ini

membuat frekuensi dan skala banjir terus meningkat, sehingga tidak lagi sekadar masalah lingkungan, melainkan ancaman serius yang menghambat pembangunan, memperumit tata kelola kota, dan menurunkan kualitas hidup masyarakat Banda Aceh [6].

Seiring meningkatnya bencana banjir, salah satu aspek vital dalam mitigasi adalah penyusunan rute evakuasi yang cepat, aman, dan efektif bagi masyarakat terdampak [7]. Sistem Informasi Geografis (SIG) telah terbukti menjadi alat yang sangat relevan untuk mendukung perencanaan evakuasi di berbagai kota rawan bencana, karena mampu mengintegrasikan berbagai data spasial dan atribut untuk menghasilkan analisis jalur yang komprehensif [8], [9]. Studi terbaru menunjukkan bahwa pendekatan berbasis SIG mampu memberikan rekomendasi jalur evakuasi yang lebih akurat karena dapat memodelkan interaksi antara bahaya banjir dan jaringan jalan yang terpengaruh [10], [11].

Pemanfaatan SIG dalam penentuan jalur evakuasi banjir juga telah dilakukan di beberapa daerah di Indonesia [12]. Penelitian tersebut memanfaatkan fitur *Network Analyst* pada *ArcGIS* untuk memetakan rute evakuasi berdasarkan peta rawan banjir dan data jaringan jalan. Hasil penelitian tersebut membuktikan bahwa integrasi data spasial dengan analisis jaringan dapat menghasilkan rekomendasi jalur evakuasi yang lebih sistematis dan sesuai dengan kondisi lapangan [13].

Proses evakuasi sering kali menghadapi dinamika yang kompleks sebagian ruas jalan dapat tiba-tiba tergenang, akses menjadi terputus, atau kemacetan mendadak terjadi akibat kondisi darurat. Oleh karena itu, pendekatan konvensional yang hanya mengandalkan analisis jarak minimum sering kali dianggap tidak cukup memadai untuk skenario semacam itu. Untuk mengatasi keterbatasan tersebut, algoritma optimasi cerdas seperti *Ant Colony Optimization* (ACO) muncul sebagai pilihan yang adaptif terhadap perubahan kondisi jaringan [14], [15]. Algoritma ini memiliki kemampuan eksplorasi dan eksploitasi jalur berdasarkan konsep feromon virtual, memungkinkan sistem menemukan rute optimal meskipun kondisi jalan berubah secara dinamis [16].

Evakuasi yang hanya berfokus pada pemindahan masyarakat dari zona rawan ke tempat evakuasi belum cukup untuk menjamin keselamatan korban secara menyeluruh [17]. Pada kenyataannya, sebagian penyintas, terutama kelompok rentan seperti lanjut usia, anak-anak, dan individu dengan kondisi medis tertentu, membutuhkan layanan kesehatan lanjutan yang hanya dapat diberikan di rumah sakit [18]. Perencanaan rute Ambulans dari tempat evakuasi menuju rumah sakit rujukan menjadi bagian penting dalam sistem evakuasi terpadu [19]. Integrasi jalur evakuasi masyarakat dengan rute medis darurat ini tidak hanya mempercepat akses korban ke layanan kesehatan, tetapi juga meningkatkan efektivitas penanganan darurat secara keseluruhan [20].

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini dilaksanakan untuk mengatasi keterbatasan penelitian sebelumnya, yaitu belum adanya kajian komparatif antara metode *Closest Facility Analysis* (CFA) dan *Ant Colony Optimization* (ACO) dalam penentuan jalur evakuasi banjir berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG) di Kota Banda Aceh, yang mencakup jalur evakuasi menuju tempat evakuasi dan rute Ambulans menuju rumah sakit rujukan. Perbandingan kedua metode diharapkan dapat menghasilkan rekomendasi jalur yang lebih efektif serta memberikan kontribusi ilmiah dan praktis dalam mendukung sistem mitigasi bencana banjir yang lebih responsif dan berbasis teknologi.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, dapat diidentifikasi bahwa penentuan jalur evakuasi banjir dan rute Ambulans di Kota Banda Aceh masih menghadapi sejumlah kendala, adapun rumusan masalah pada penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana penerapan metode *Closest Facility Analysis* dan *Ant Colony Optimization* dalam menentukan jalur evakuasi banjir dari zona rawan ke tempat evakuasi serta rute Ambulans dari tempat evakuasi menuju rumah sakit rujukan berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG) di Kota Banda Aceh?

2. Metode manakah yang lebih efektif dan efisien antara *Closest Facility Analysis* dan *Ant Colony Optimization* dalam menentukan jalur evakuasi banjir serta rute Ambulans berdasarkan kriteria jarak dan waktu tempuh?
3. Apa kontribusi hasil perbandingan kedua metode tersebut terhadap pengembangan perencanaan evakuasi bencana yang lebih komprehensif, adaptif, dan berbasis teknologi di Kota Banda Aceh?

1.3 Tujuan Penelitian

Untuk menjawab permasalahan yang telah diidentifikasi dalam penelitian ini, maka ditetapkan beberapa tujuan yang hendak dicapai sebagai arah pelaksanaan penelitian, yaitu:

1. Menerapkan metode *Closest Facility Analysis* dan *Ant Colony Optimization* dalam menentukan jalur evakuasi banjir dari zona rawan ke tempat evakuasi serta rute Ambulans dari tempat evakuasi menuju rumah sakit rujukan berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG) di Kota Banda Aceh.
2. Membandingkan efektivitas dan efisiensi diukur melalui waktu tempuh total dan jarak antara *Closest Facility Analysis* (CFA) dan *Ant Colony Optimization* (ACO) dalam penentuan jalur evakuasi banjir serta rute Ambulans, dengan kriteria utama jarak dan waktu tempuh.
3. Memberikan kontribusi ilmiah berupa rekomendasi perencanaan evakuasi bencana banjir yang lebih komprehensif, adaptif, dan berbasis teknologi untuk mendukung sistem mitigasi bencana di Kota Banda Aceh.

1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah di penelitian ini yaitu:

1. Wilayah penelitian dibatasi pada Kota Banda Aceh, khususnya kecamatan Baiturrahman, Banda Raya, Jaya Baru, Kuta Alam, Kuta Raja, Lueng Bata, Meuraxa, Ulee Kareng yang termasuk dalam kategori rawan banjir berdasarkan peta bahaya banjir dari instansi Dinas PUPR (Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang).
2. Jalur evakuasi yang dianalisis hanya mencakup jaringan jalan utama dan jalan lingkungan yang dapat diakses masyarakat serta Ambulans. Analisis

dibatasi pada parameter jarak tempuh dan waktu tempuh, tanpa mempertimbangkan kondisi lalu lintas real-time, kapasitas jalan, maupun hambatan non-spasial lainnya.

3. Metode yang digunakan difokuskan pada dua pendekatan, yaitu *Closest Facility Analysis* (CFA) menggunakan *Network Analyst* pada *ArcGIS Pro* dan algoritma *Ant Colony Optimization* (ACO).
4. Rute evakuasi yang dianalisis meliputi dua skenario, yaitu jalur evakuasi banjir dari zona rawan ke tempat evakuasi serta rute Ambulans dari tempat evakuasi menuju rumah sakit rujukan terdekat.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Bagi akademisi, penelitian ini diharapkan memperkaya literatur mengenai Sistem Informasi Geografis (SIG) dan algoritma optimasi dalam mitigasi bencana banjir. Kajian komparatif antara *Closest Facility Analysis* (CFA) dan *Ant Colony Optimization* (ACO) dapat menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya dalam pengembangan analisis jalur evakuasi dan rute darurat berbasis data spasial.
2. Bagi praktisi, Hasil penelitian ini diharapkan memberikan rekomendasi rute evakuasi masyarakat dari zona rawan banjir ke tempat evakuasi serta rute Ambulans dari tempat evakuasi menuju rumah sakit rujukan yang lebih cepat dan efisien. Informasi ini dapat dimanfaatkan oleh Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD), dinas kesehatan, rumah sakit, maupun pihak terkait lainnya dalam menyusun strategi evakuasi terpadu. Dengan adanya rute berbasis SIG, masyarakat dapat lebih siap dan sigap dalam menghadapi bencana banjir.
3. Bagi kebijakan, penelitian ini dapat menjadi masukan bagi pemerintah daerah Kota Banda Aceh dalam merumuskan kebijakan mitigasi bencana berbasis teknologi. Integrasi jalur evakuasi masyarakat dengan rute Ambulans dapat dijadikan dasar dalam penyusunan Standar Operasional Prosedur (SOP) evakuasi terpadu, sehingga upaya penyelamatan korban banjir dapat dilakukan secara lebih sistematis, komprehensif, dan responsif